

Evaluasi Numerik Untuk Delaminasi Komposit *Double Cantilever Beam* Dengan *Cohesive Zone Model*

Nuri Setyo Taufiqqurrahman*

2712100090

Dosen Pembimbing:

Mas Irfan P. Hidayat S.T., M.Sc., Ph.D.

Amaliya Rasyida S.T., M.Sc.

*Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember



OUTLINE

1. Pendahuluan

2. Metode Penelitian

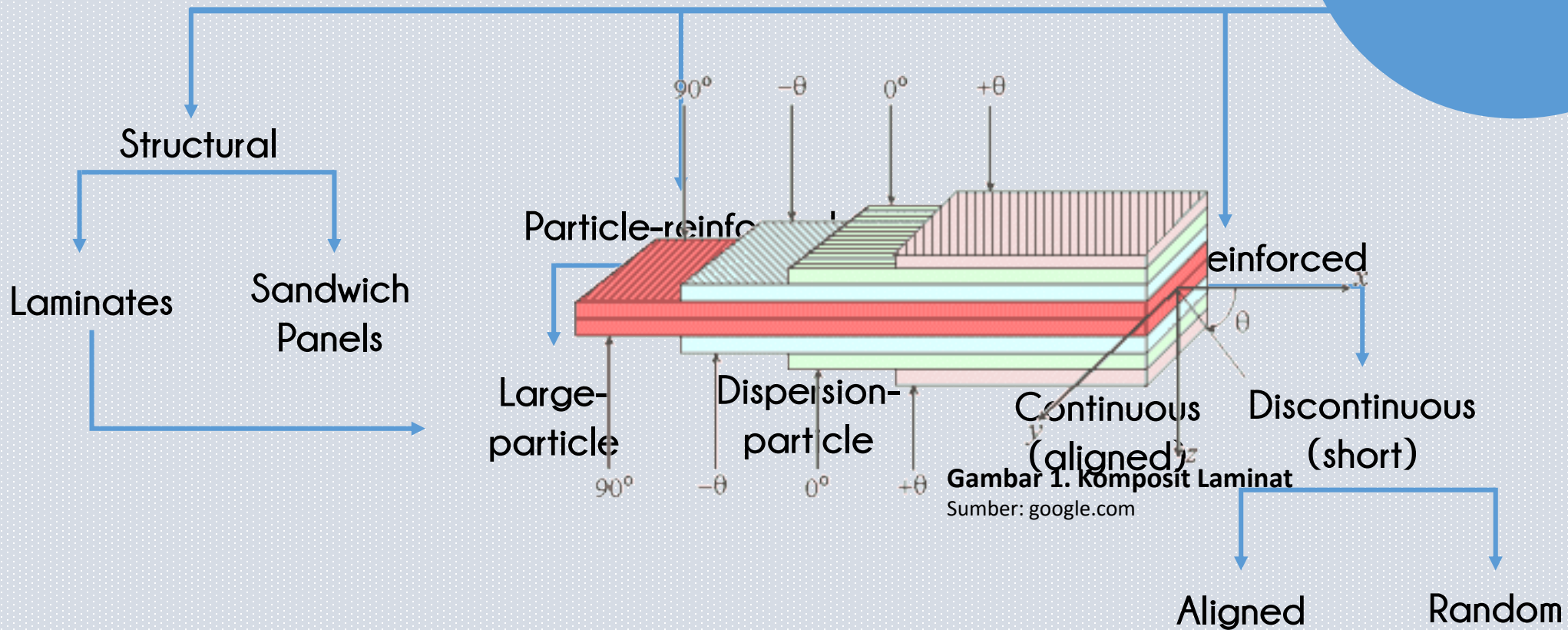
3. Hasil & Pembahasan

4. Kesimpulan & Saran

Pendahuluan

KOMPOSIT

(Callister, 2010)



Aplikasi

komposit tertua yang pernah ditemukan adalah sebuah bangunan dengan campuran tanah liat, lumpur, pasir sebagai matriks dan kotoran hewan sebagai perekatnya.



komposit ditemukan pada topeng untuk upacara kematian di mesir.



pada tahun ini ditemukan teknik polimerisasi. dengan berkembangnya teknik ini, ditemukan juga resin sintetik dengan struktur cross-link.



di tahun ini dibangun sebuah industri fiber glass dan penemuan resin poliester. akibatnya perusahaan manufaktur banyak yang menggunakan resin ini sebagai bahan utama.



ditemukan banyak metode untuk menciptakan polimer. komposit dan polimer berkembang dalam skala yang sangat besar. komposit juga mulai digunakan sebagai bahan dasar roket.



komposit digunakan untuk keperluan medis, alat alat militer, dan alat alat olahraga. komposit juga sudah merambah ke industri industri rumahan.



Sumber : injurylawus.com

4000 B.C

3400 B.C

2000 B.C

1200

1800

1900

1930

1940

1950

1960

1970

2000



pada tahun ini manusia sudah mulai mengetahui bahwa penyusunan kayu dengan arah yang berbeda akan meningkatkan kekuatan kayu tersebut. (triplek)



pada tahun ini, bangsa mongol menemukan panah komposit yang terbuat dari kayu, bambu, tulang, karet, tanduk, dan sutra dengan getah sebagai perekatnya.



di awal tahun 1900an ditemukan plastik seperti vinil, polistiren, phenolic, dan poliester. pabrik tekstil berkembang dengan pesat di tahun ini.



dengan permintaan dari negara yang terlibat perang dunia II pada saat itu, mengakibatkan banyaknya permintaan material dengan high strength dan berbagai keperluan perang lainnya.



ditemukan carbon fiber untuk keperluan aerospace, otomotif dan olahraga. aplikasi komposit makin berkembang, tidak hanya untuk keperluan otomotif dan aerospace tetapi juga merambah ke mainan anak dan alat dapur.



komposit digunakan untuk bangunan, elektrik, dan industri transportasi. konsumen lebih memilih material dengan sifat bagus dengan berat yang relatif ringan. komposit adalah jawabannya. penelitian tentang komposit masih terus berlanjut hingga sekarang dengan melibatkan mahasiswa, pemerintah, dan industri.

Sumber

artikel: mar-bal.com

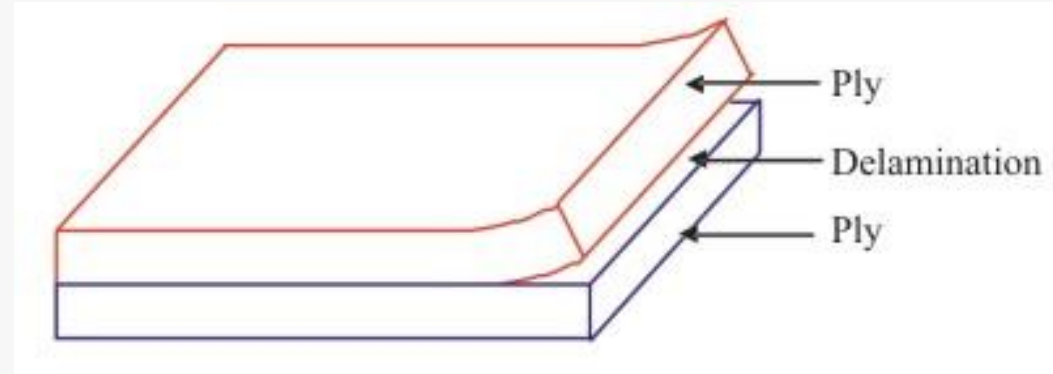
gambar: google.com

Delaminasi



Gambar 3. Delaminasi Pada Rotor Blade

Sumber: flightsafetyaustralia.com



Gambar 2. Ilustrasi Delaminasi

Sumber: nptel.ac.in

Delaminasi adalah salah satu kegagalan yang umum dijumpai pada komposit yang menyebabkan terbentuknya **retak** antar lapisan material komposit yang saling berdekatan (Sridharan, 2008).

Rumusan Masalah

- Bagaimana pengaruh **arah serat** material komposit laminat karbon/epoksi terhadap proses delaminasi?
- Bagaimana pengaruh **letak *initial crack* (a_0)** pada material komposit laminat karbon/epoksi terhadap proses delaminasi?
- Bagaimana pengaruh **panjang *initial crack* (a_0)** pada material komposit laminat karbon/epoksi terhadap proses delaminasi?

Batasan Masalah

Temperatur
Dianggap
Konstan

Material Komposit
Dianggap
Sempurna Tanpa
Cacat.

Penelitian Sebelumnya

Camanho & Dávila (2002)

Delaminasi, *Finite Element Software*, Simulasi vs Eksperimental

P.N.B. Reis, dkk. (2009)

Delaminasi, *Initial Crack*, Karbon/Epoksi

Wassem & Kumar (2014)

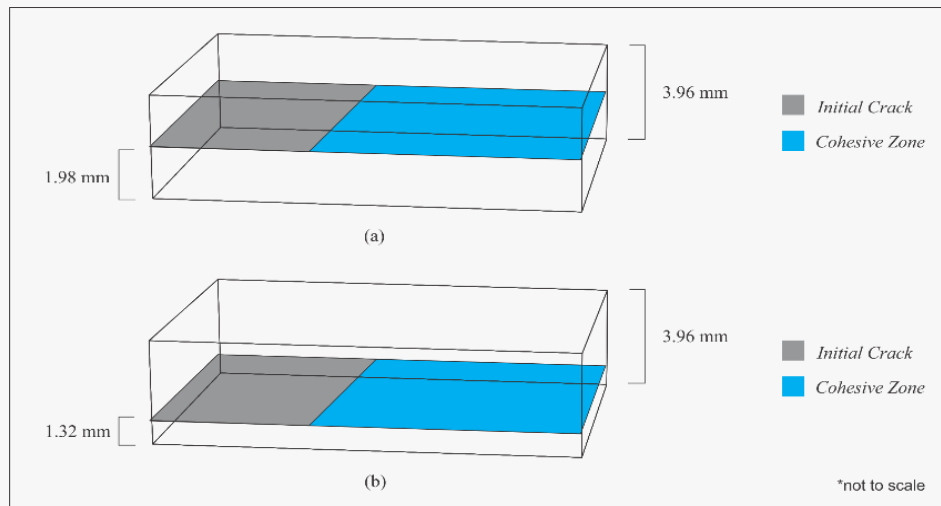
Delaminasi, *2D Double Cantilever Beam*, *Cohesive Zone Model*

Delaminasi, *Finite Element Software*, Karbon/Epoksi, *3D Double Cantilever Beam*

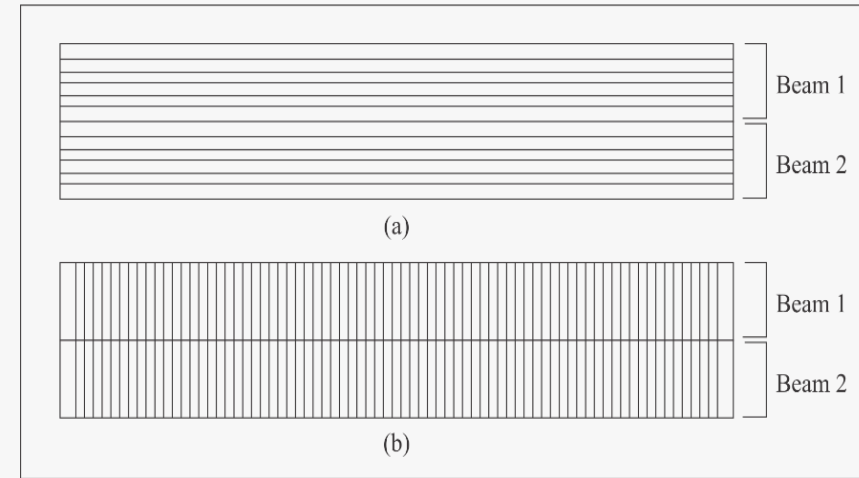
Parameter Penelitian

Tabel 1 Parameter Penelitian

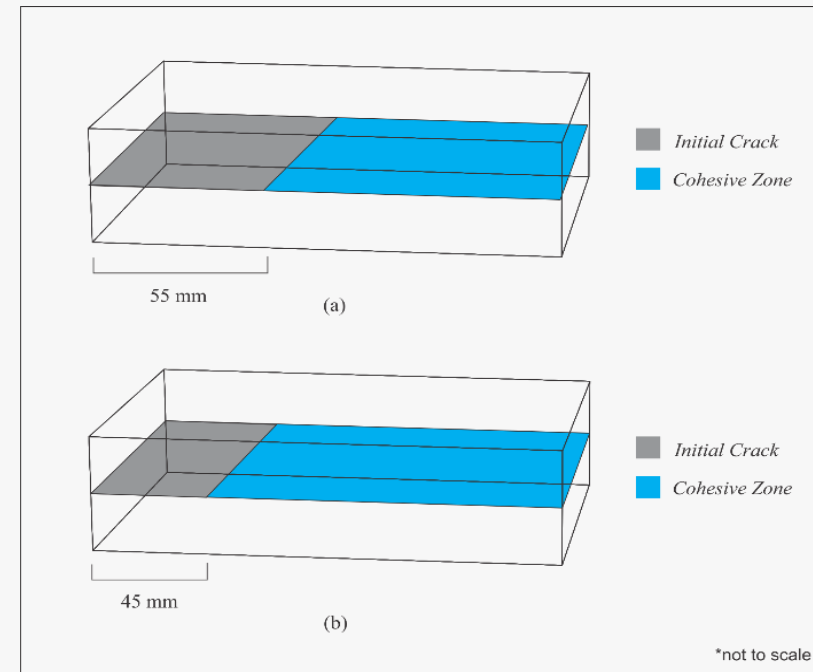
Parameter	Arah Serat	Letak <i>Initial crack</i> (a_0)	Panjang <i>Initial crack</i> (a_0)
Kode	AS	MID/BOT	55/45
Variasi 1	0°	Tengah	55 mm
Variasi 2	90°	Bawah	45 mm



Gambar 5 Perbedaan Letak *Initial Crack*



Gambar 4 Perbedaan Arah Serat



Gambar 6 Perbedaan Panjang *Initial Crack*

Metode Penelitian



ANSYS Mechanical APDL
(ANSYS Parametric Design Language)

PREPROCESSOR

1. Penentuan Tipe Elemen
2. Input *Material Properties*
3. *Modelling*
4. *Meshing*

1. Tipe Pembebanan
2. Tipe Analisis

PROCESSOR

Hasil Akhir

Tipe Elemen

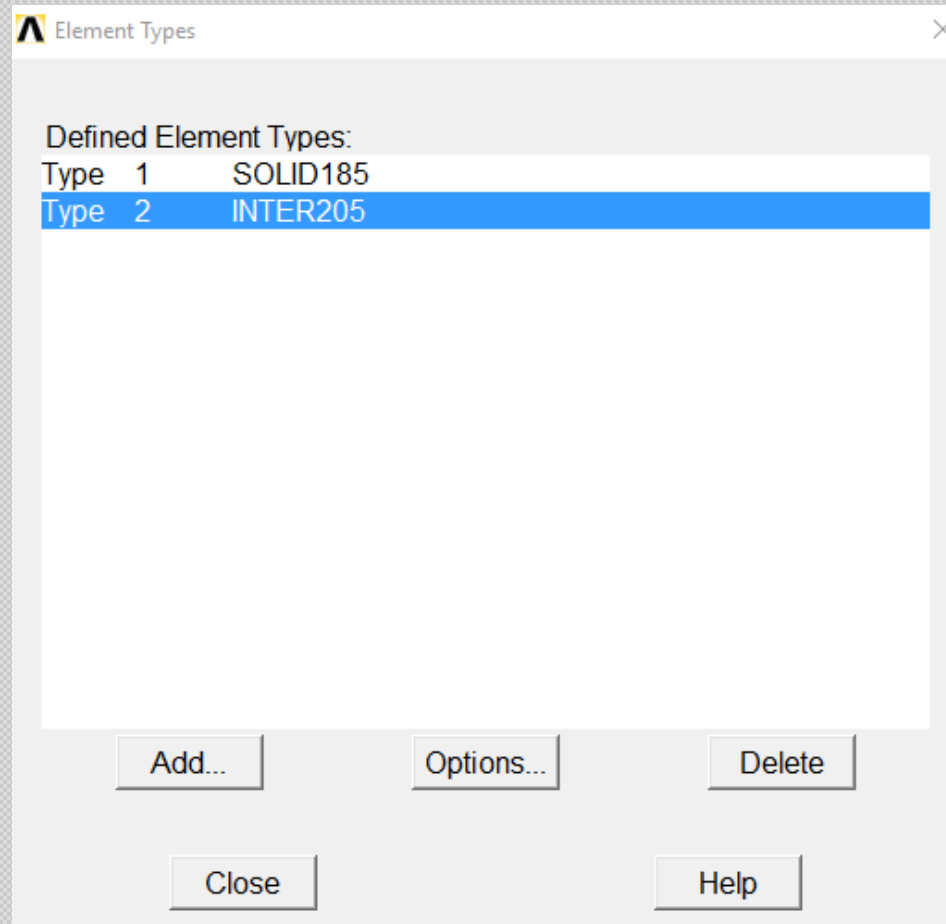
PREPROCESSOR

SOLID185

SOLID185 digunakan untuk pemodelan struktur tiga dimensi *double cantilever beam* (DCB)

INTER205

INTER205 digunakan untuk pemodelan *cohesive zone*



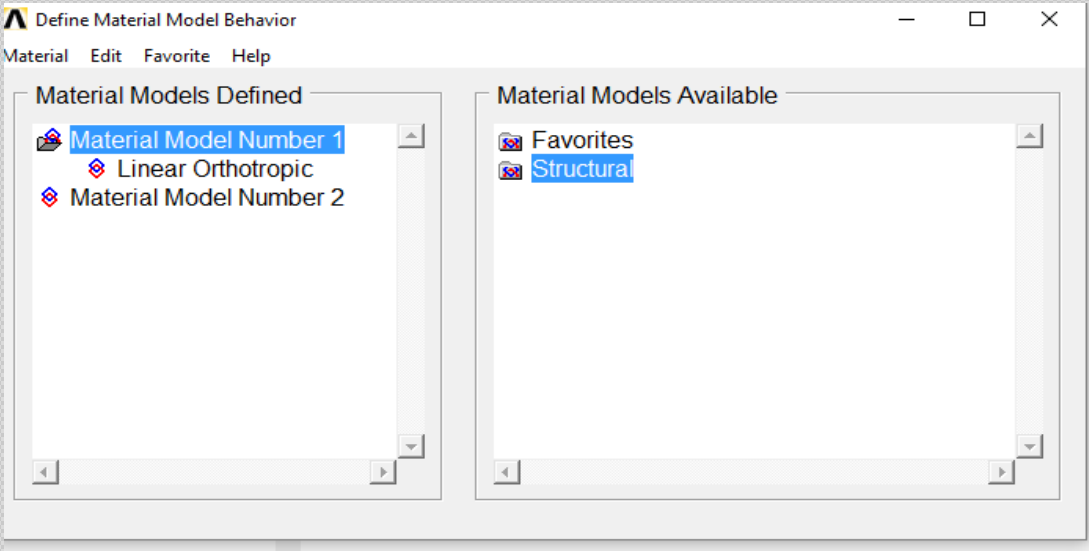
Gambar 7 Memasukkan Tipe Elemen ke ANSYS

Material Properties



Tabel 2 *Material Properties* (Camanho, 2002)

Laminat			
Sifat Mekanik		Nilai	Unit
Modulus Elasticity (E)	E ₁₁	150	GPa
	E ₂₂	11	
	E ₃₃	11	
Poisson's Ratio (ν)	ν ₁₂	0.25	-
	ν ₁₃	0.45	
	ν ₂₃	0.25	
Shear Modulus (G)	G ₁₂	6	GPa
	G ₁₃	3.7	
	G ₂₃	6	
Interface			
Maximum normal stress (σ _{max})		45	MPa
Fracture toughness Mode I (G _{IC})		0.268	kJ/m ²
Stiffness penalty (K)		10 ⁶	N/mm



Gambar 8 Memasukkan *Material Properties* ke ANSYS

Modeling and Meshing

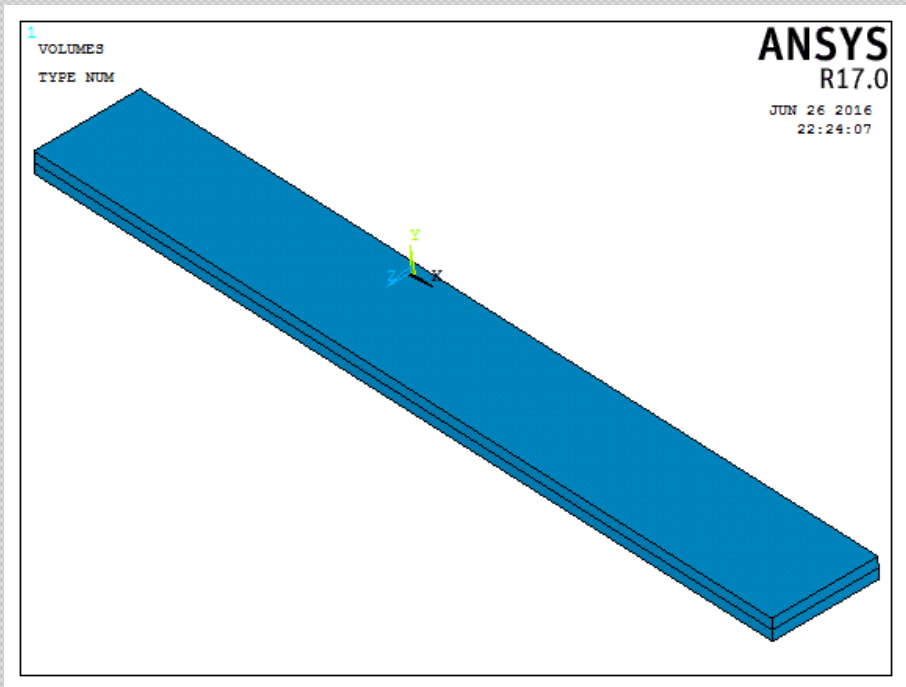
PREPROCESSOR

Double Cantilever Beam

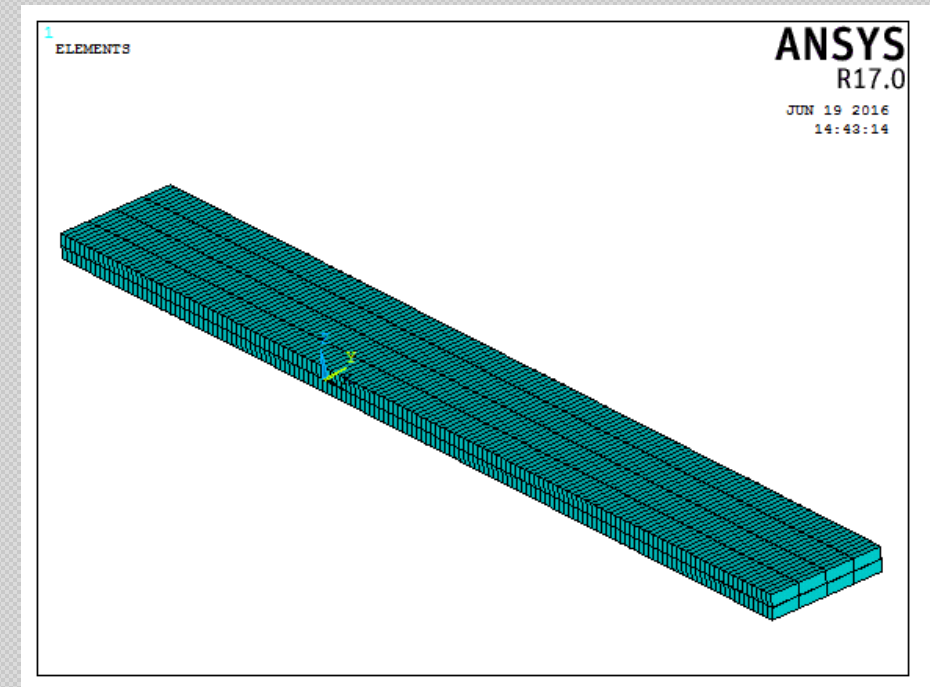
Panjang = 150 mm

Tinggi = 3.96 mm

Lebar = 20 mm



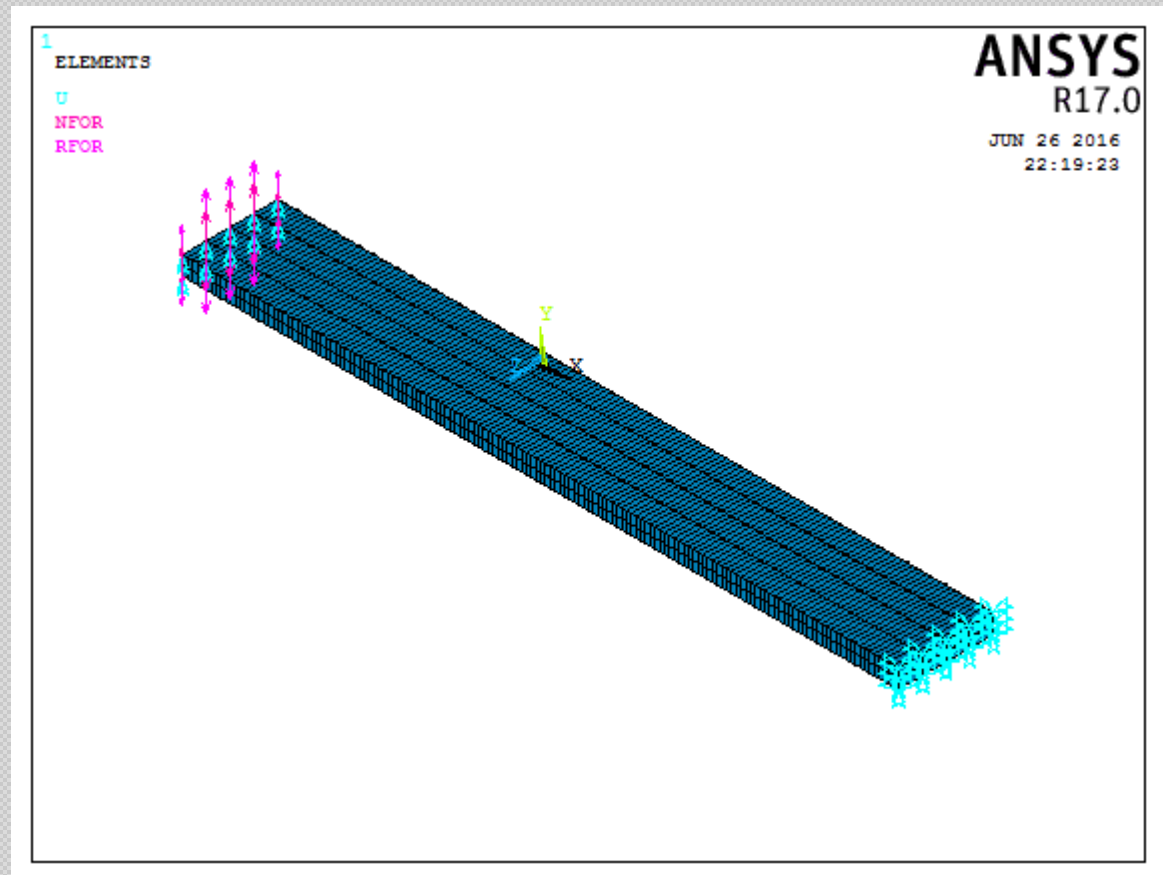
Gambar 9 Geometri Double Cantilever Beam



Gambar 10 Meshing Double Cantilever Beam

Tipe Pembebanan dan Analisis

ANALYSIS



Gambar 11 DCB yang telah diberikan pembebanan

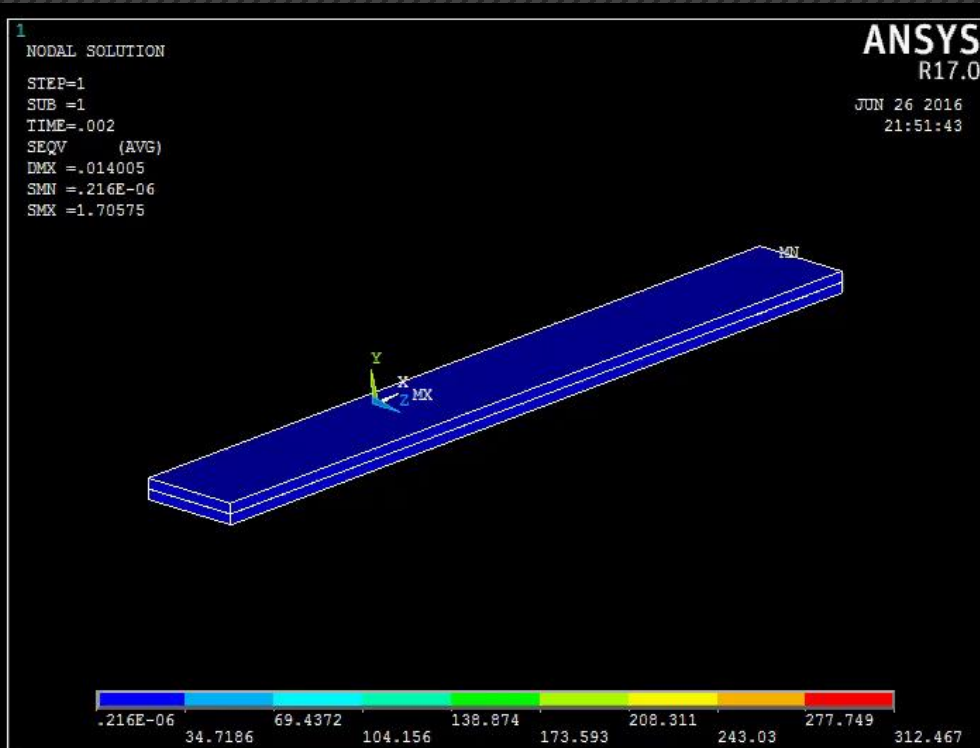
Pembebanan

Pembebanan berupa *displacement* yang diterapkan pada ujung beam dengan nilai yang disesuaikan

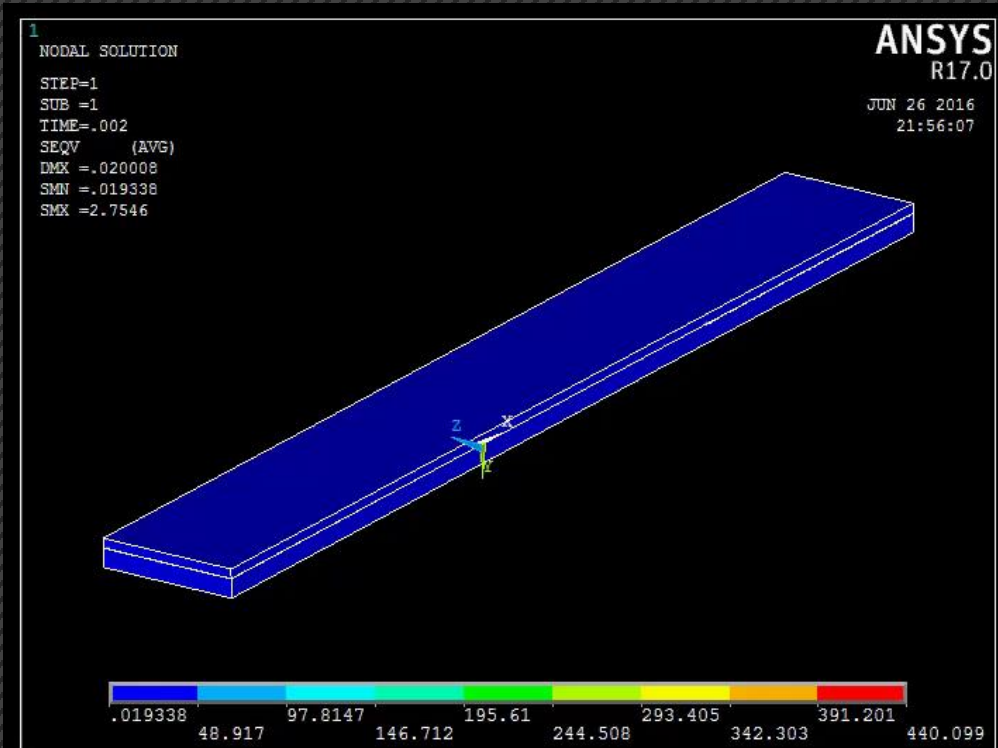
Analisis

Analisis yang diterapkan berupa analisis struktural.

Hasil dan Pembahasan



Video 1 Video proses delaminasi pada DCB dengan ketebalan beam yang sama

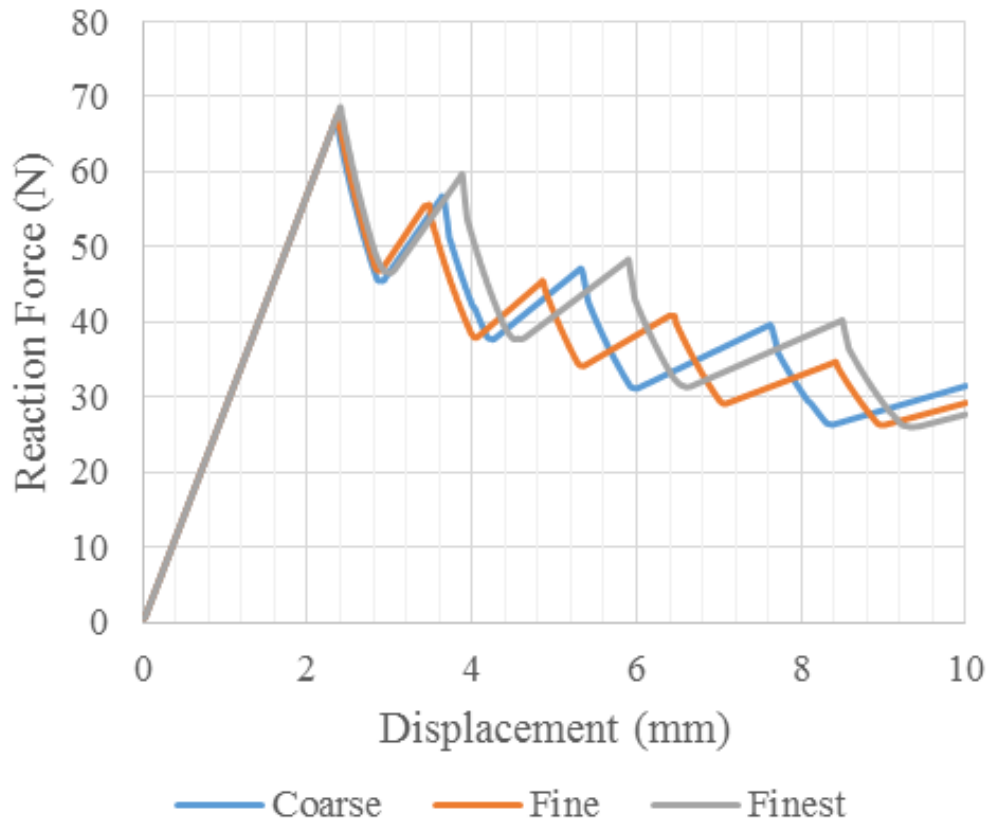


Video 2 Video proses delaminasi pada DCB dengan ketebalan beam yang berbeda

Tabel 3 Variasi Simulasi

Kasus	Arah Serat	Panjang <i>Initial crack</i>	Letak <i>Initial crack</i>	Kode
1	0°	55	Tengah	AS00-55-MID
2	90°	55	Tengah	AS90-55-MID
3	0°	55	Bawah	AS00-55-BOT
4	90°	55	Bawah	AS90-55-BOT
5	0°	45	Tengah	AS00-45-MID
6	90°	45	Tengah	AS90-45-MID
7	0°	45	Bawah	AS00-45-BOT
8	90°	45	Bawah	AS90-45-BOT

Mesh Sensitivity

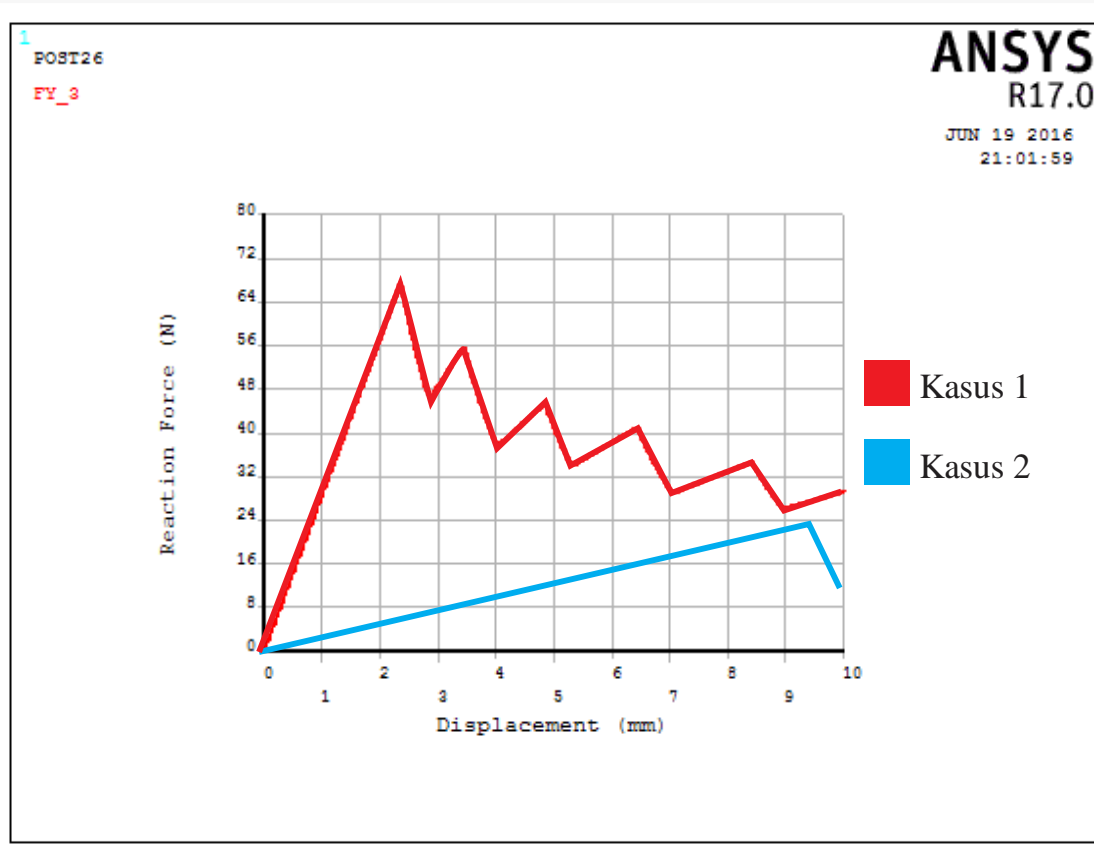


Gambar 12 Perbandingan Kurva Reaction Force-Displacement kasus 1 untuk jumlah elemen yang berbeda

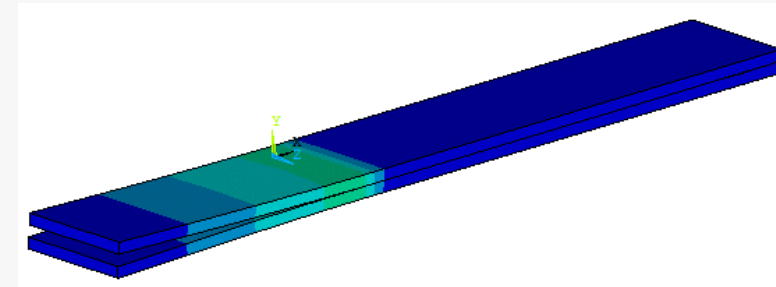
Tabel 4 Variasi Mesh

No.	Mesh	Jumlah Elemen		Total Elemen
		Komposit	Cohesive Zone	
1	Coarse	900	282	1082
2	Fine	1200	376	1576
3	Finest	3000	940	3940

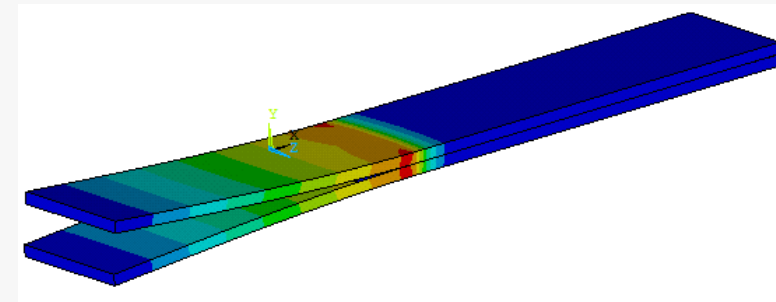
Arah Serat



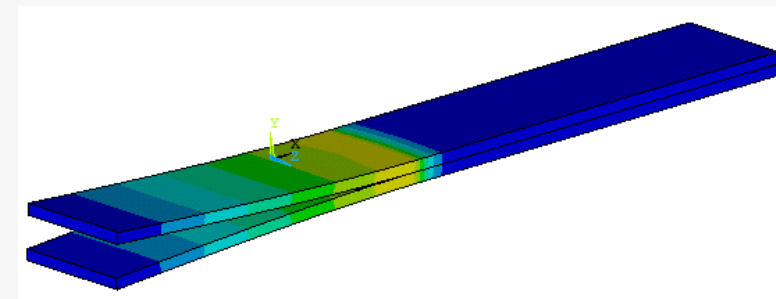
Gambar 12 Kurva Reaction Force-Displacement kasus 1 (AS00-55-MID) & kasus 2 (AS90-55-MID)



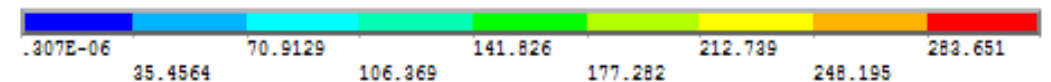
a



b



c

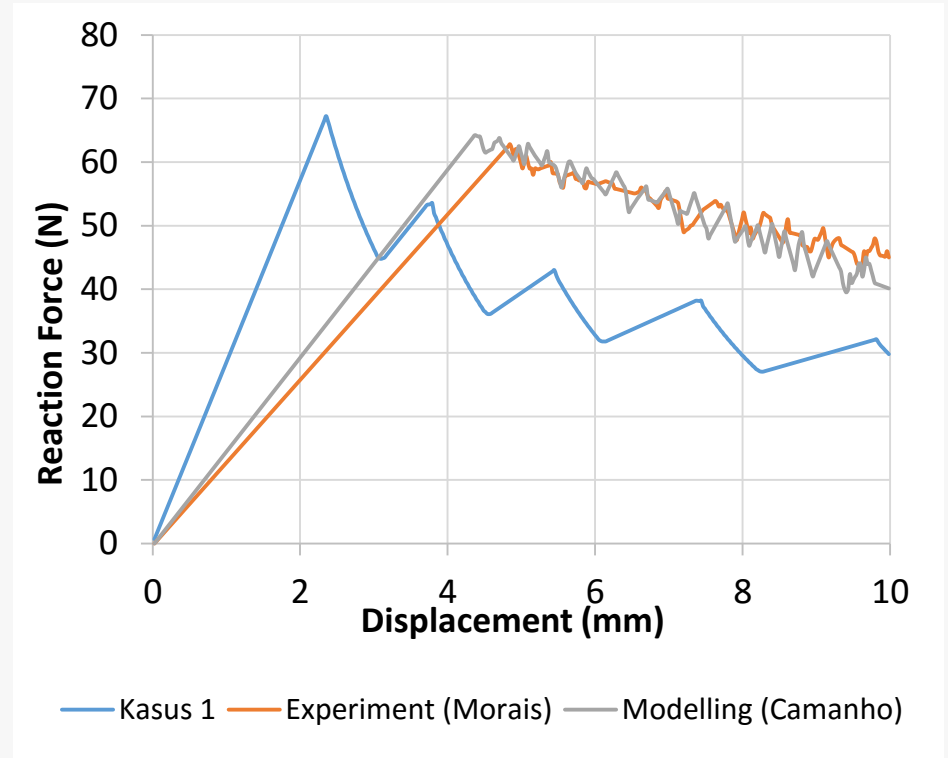


Gambar 14 Distribusi Tegangan pada DCB kasus 1

Validasi Arah Serat

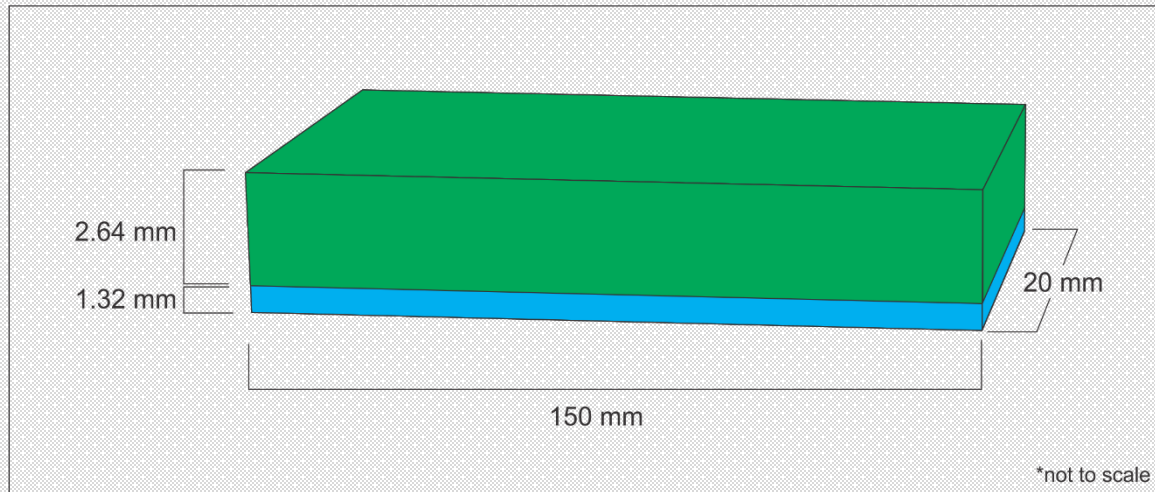
Fiber material komposit yang **searah** dengan arah pembebanan memiliki sifat mekanik yang **tinggi**, sedangkan yang **tegak lurus** memiliki sifat mekanik yang **minimum** (Callister, 2010).

Kekuatan material komposit bernilai **besar** pada **arah fiber** dan bernilai **kecil** ada arah **melintang** (Sulistijono, 2012).

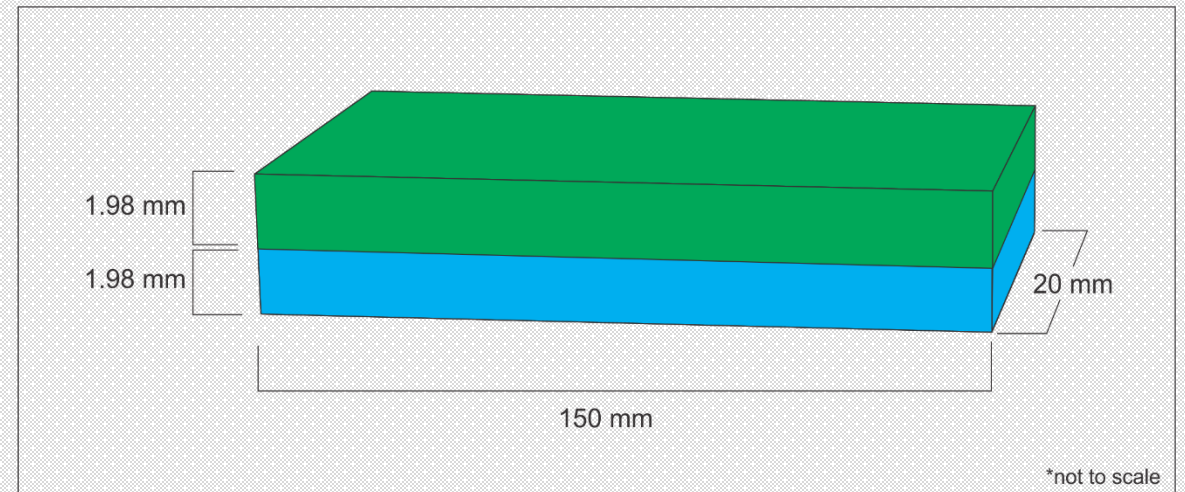


Gambar 12 Perbandingan Kurva Reaction Force-Displacement kasus 1, eksperimental, dan Penelitian lain

Letak *Initial Crack*

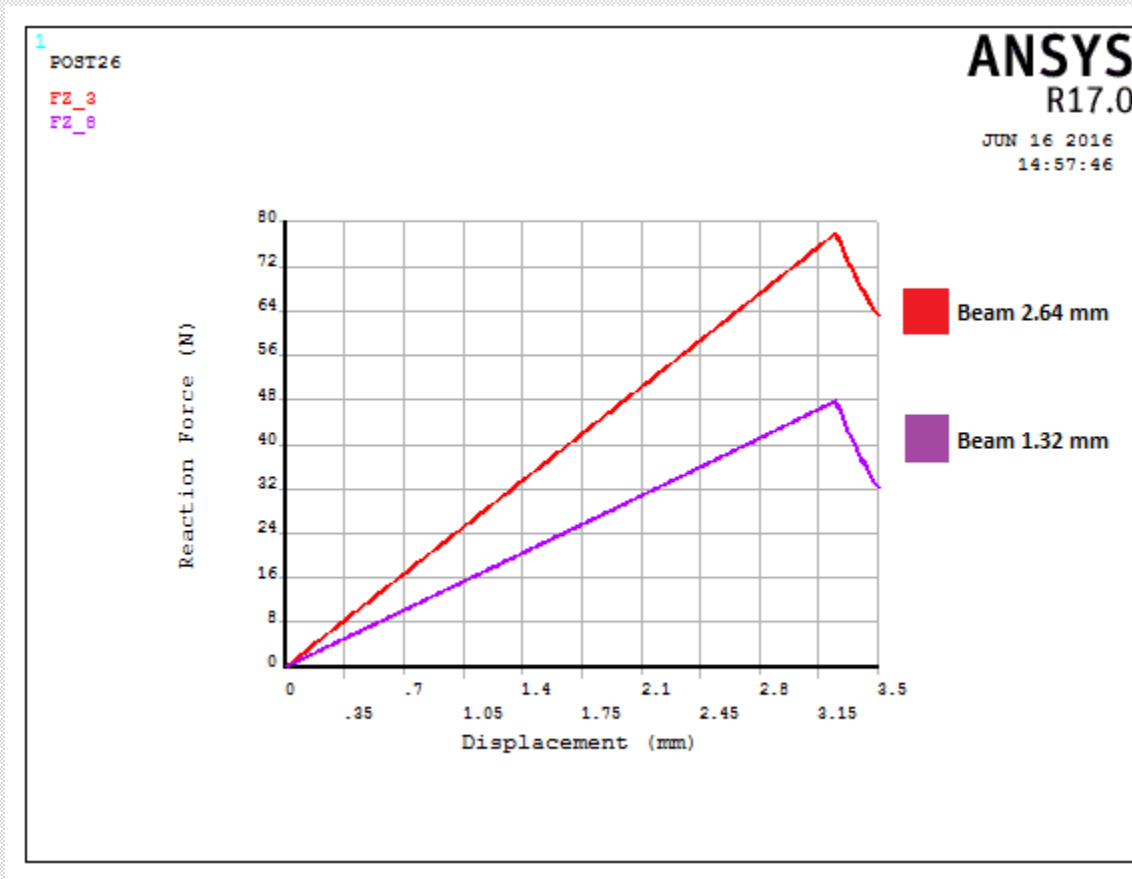


Gambar 12 Double Cantilever Beam dengan ketebalan yang berbeda

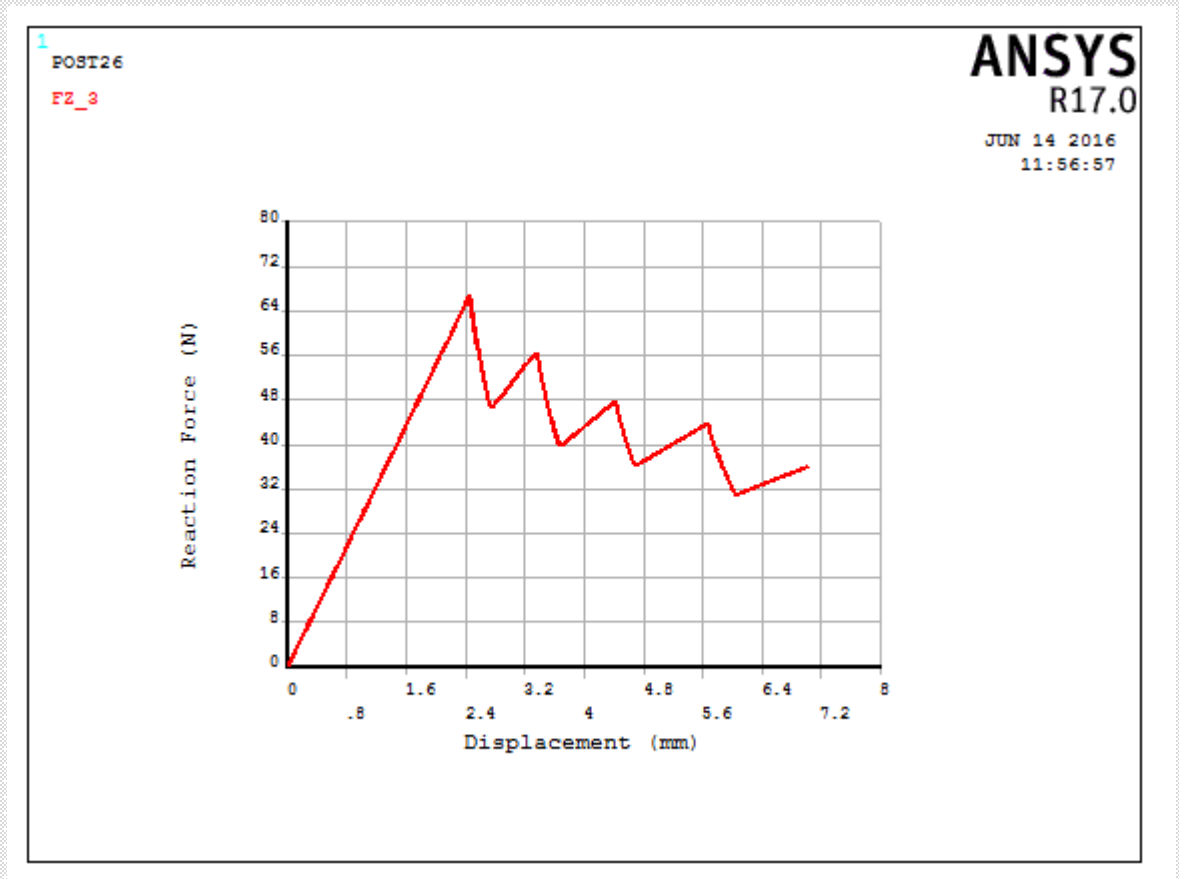


Gambar 13 Double Cantilever Beam dengan ketebalan yang sama

Letak *Initial Crack*

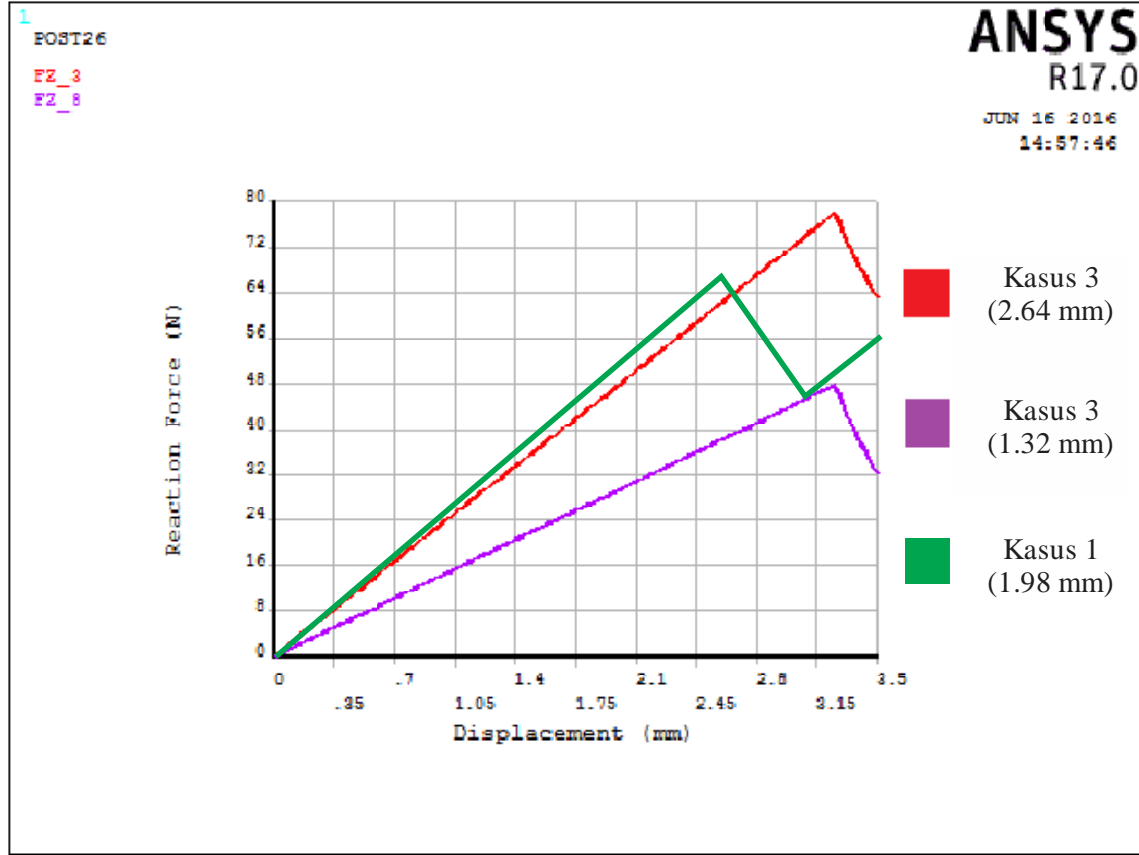


Gambar 15 Kurva Reaction Force-Displacement kasus 3 (AS00-55-BOT)

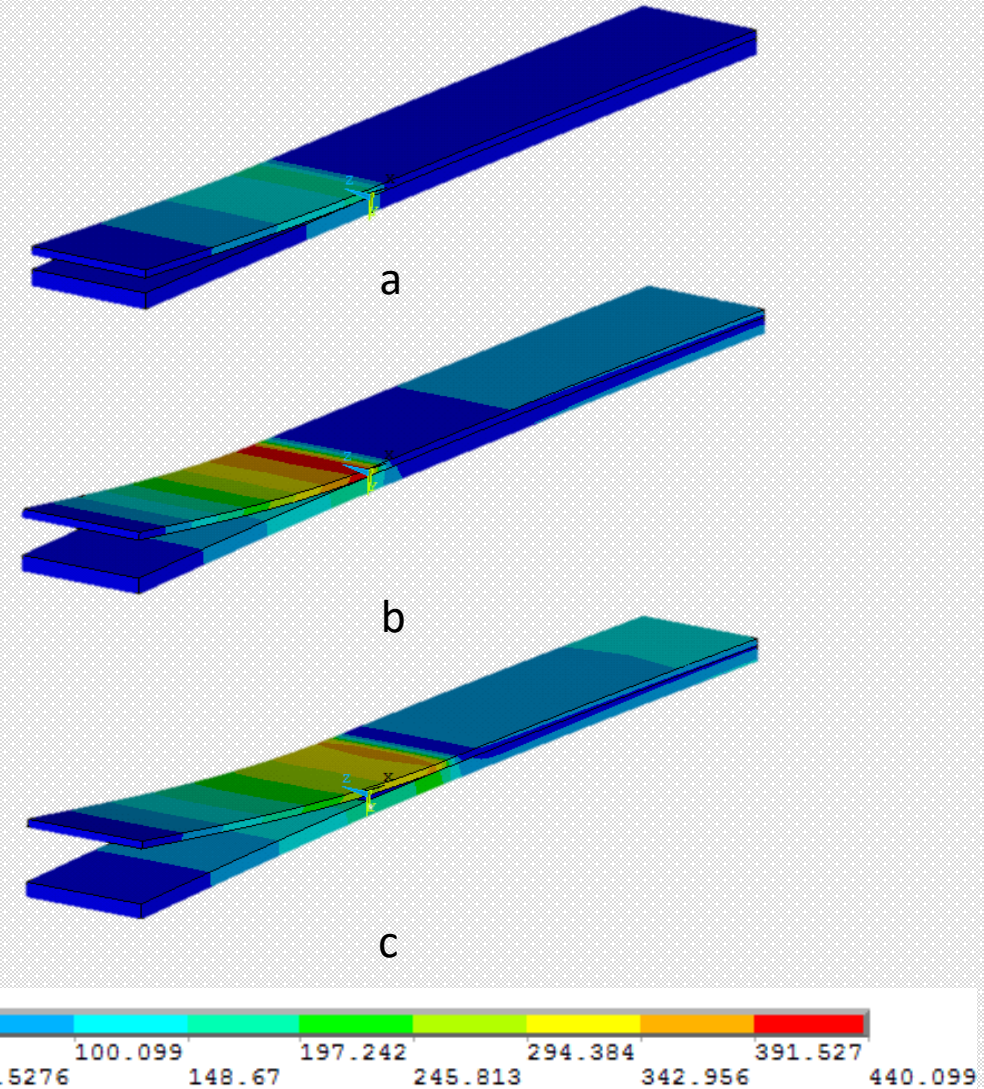


Gambar 15 Kurva Reaction Force-Displacement kasus 1 (AS00-55-MID)

Letak *Initial Crack*



Gambar 15 Kurva Reaction Force-Displacement kasus 3 (AS00-55-BOT)

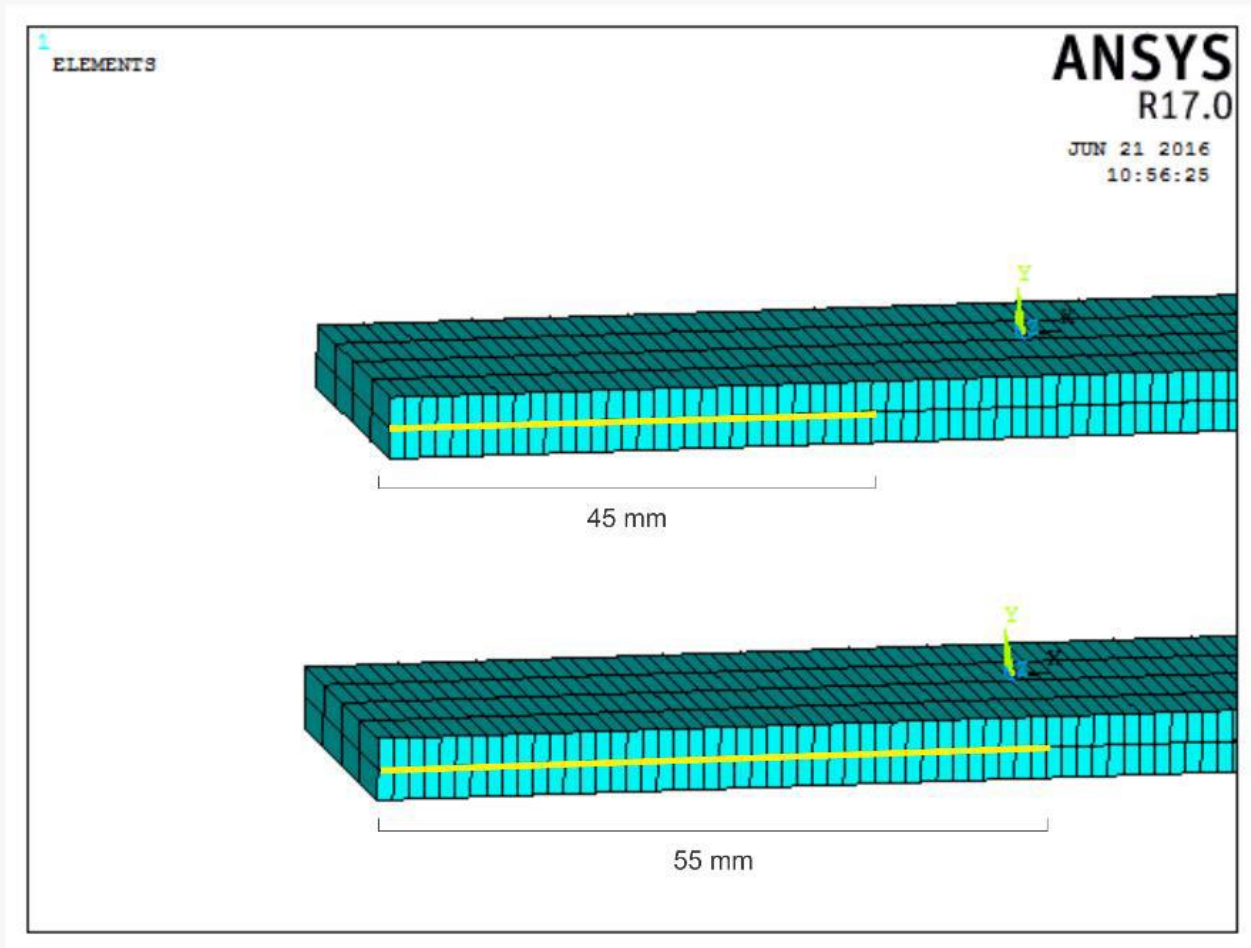


Gambar 17 Distribusi Tegangan pada DCB kasus 3

Validasi Letak *Initial Crack*

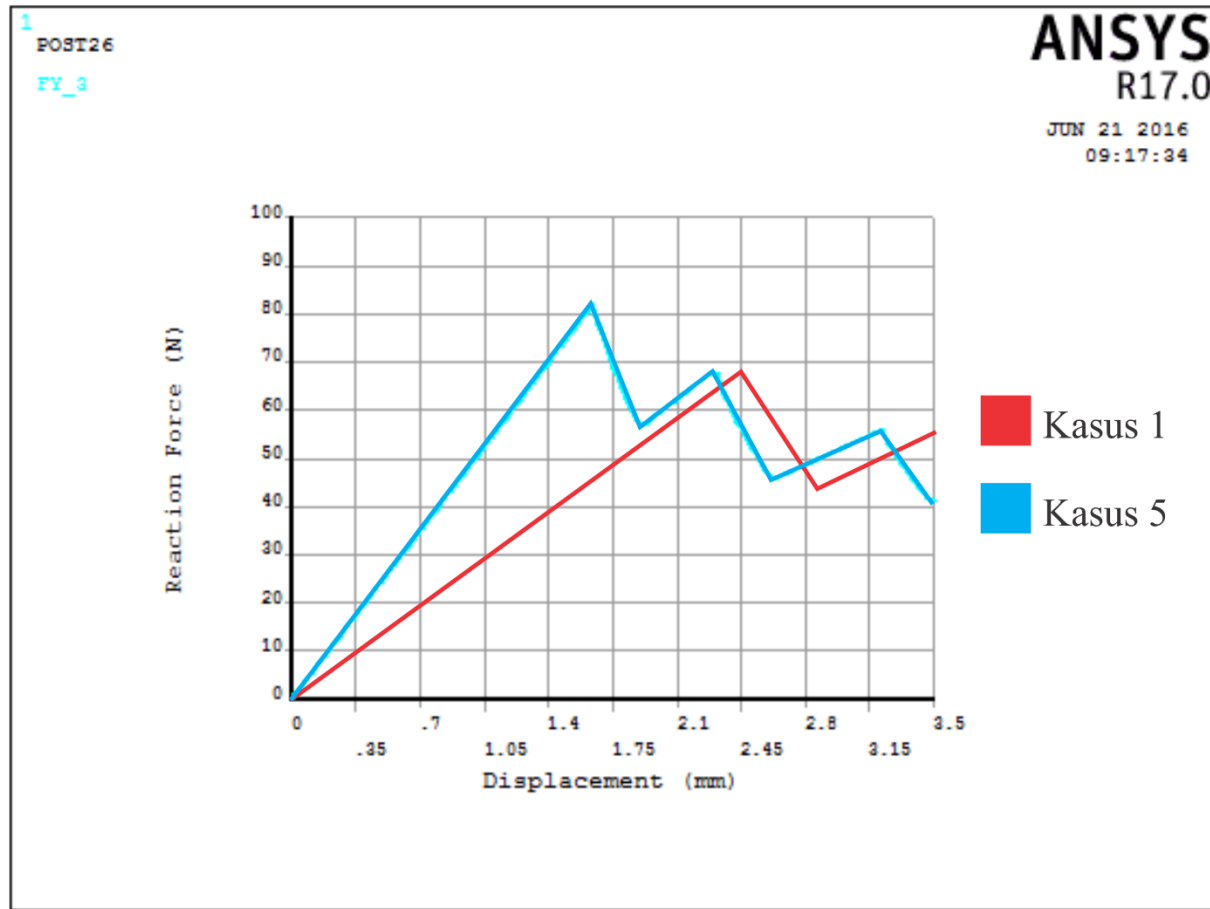
Delaminasi dapat terjadi pada aplikasi *coating and painting*. Menurut Kato (2014), jumlah dari **retakan** akibat delaminasi **berkurang** dengan bertambahnya ketebalan dari *coating*. Selain itu, **cracking strength** akan **berkurang** sedikit demi sedikit dengan bertambah tebalnya *coating*.

Panjang *Initial Crack*

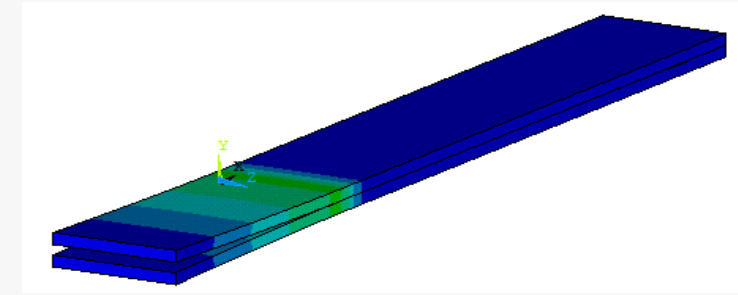


Gambar 15 Perbedaan panjang initial crack pada DCB

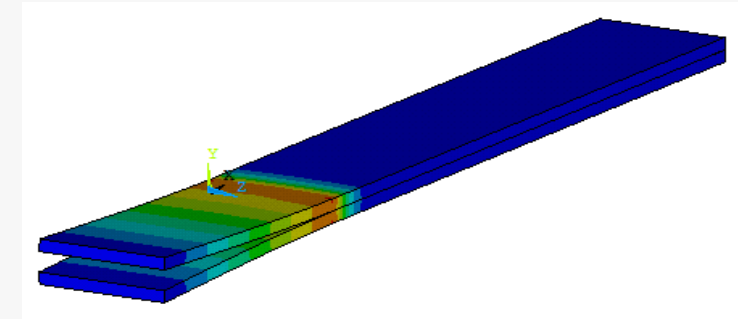
Panjang *Initial Crack*



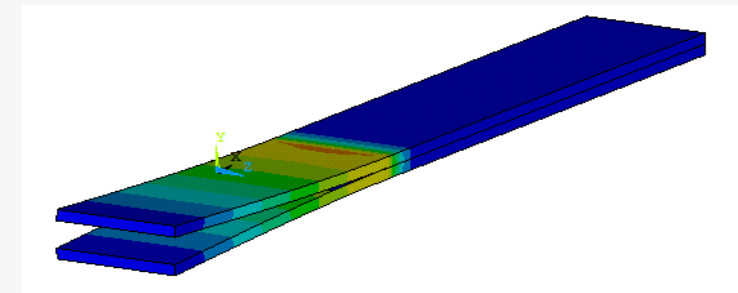
Gambar 18 Kurva Reaction Force-Displacement kasus 1 dan kasus 5



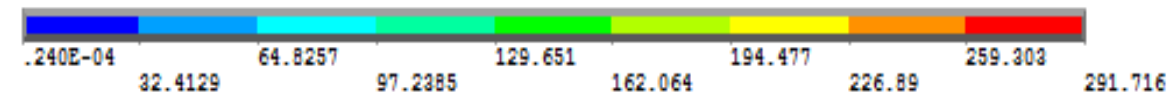
a



b

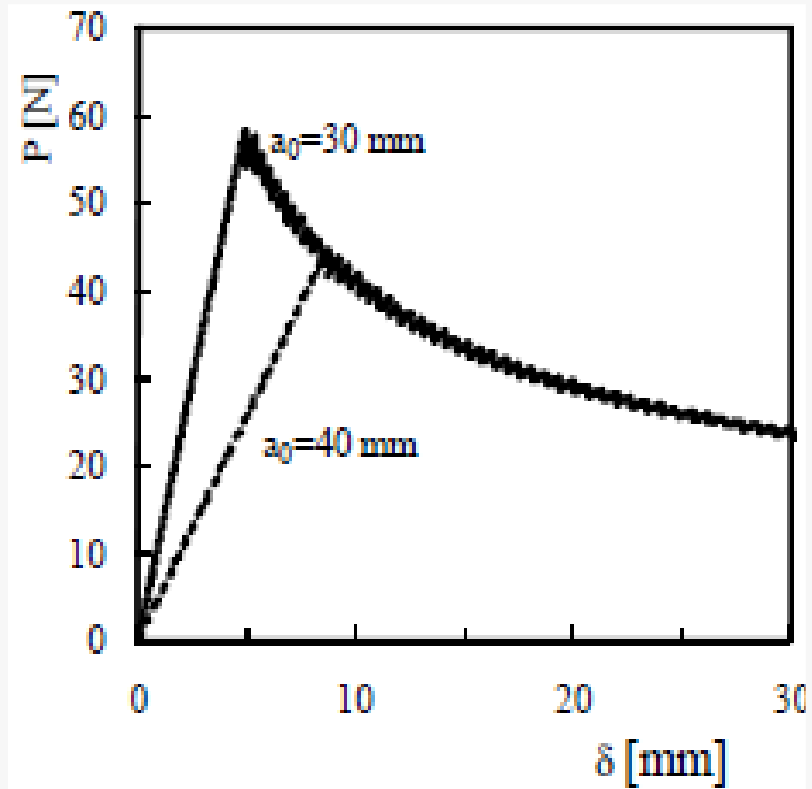


c

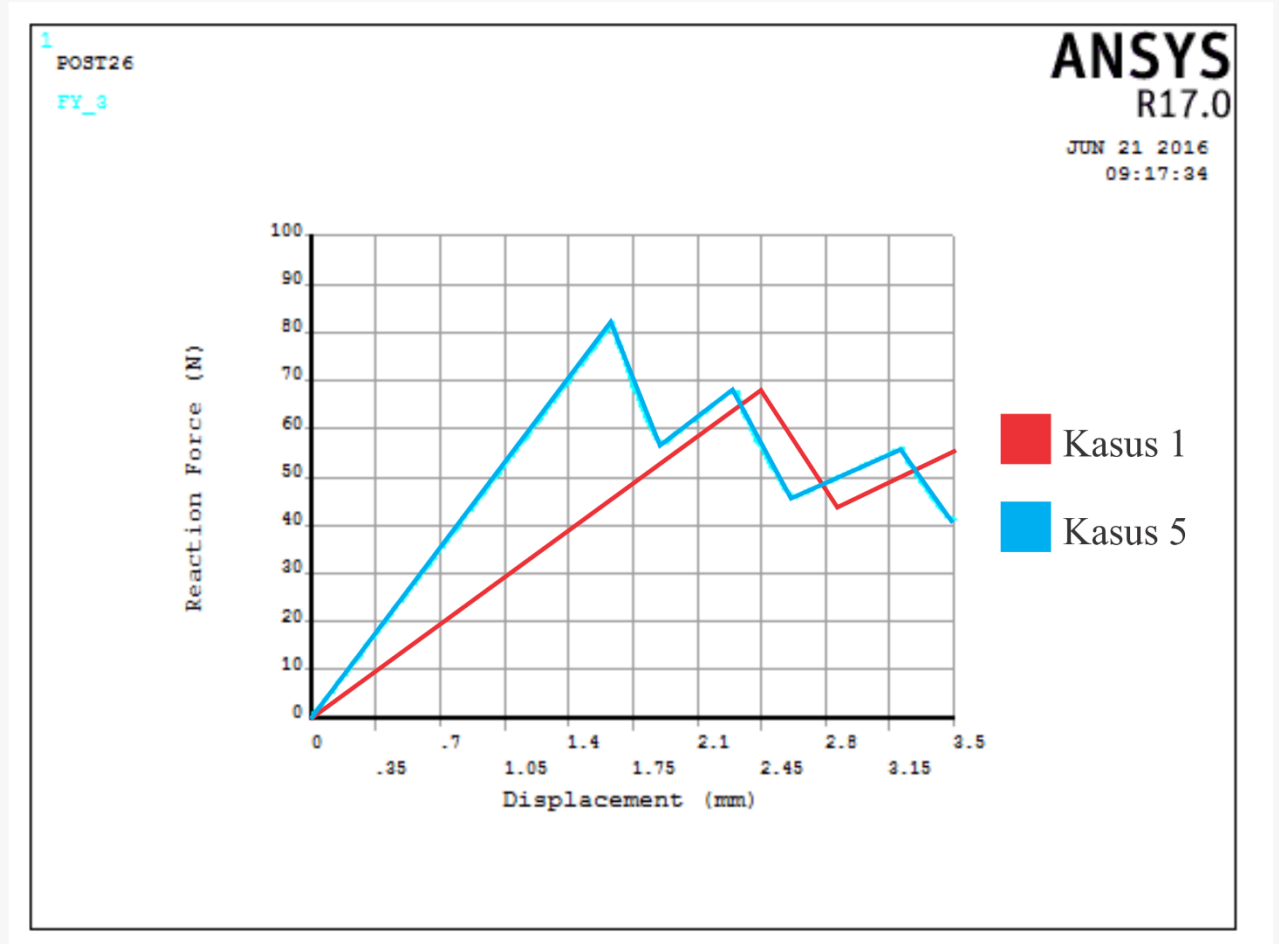


Gambar 20 Distribusi Tegangan pada DCB kasus 5

Validasi



Gambar 18 Perbandingan panjang *initial crack* (Reis, 2009)

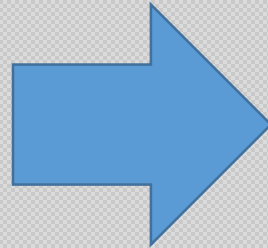


Gambar 19 Hasil perbandingan panjang *initial crack*

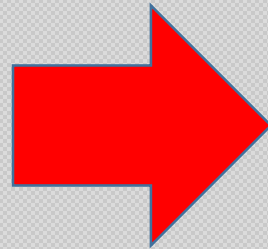
Tabulasi Hasil

Tabel 5 Tabulasi Hasil Simulasi

Kasus 2 (AS90-55-MID)



Kasus 5 (AS00-45-MID)



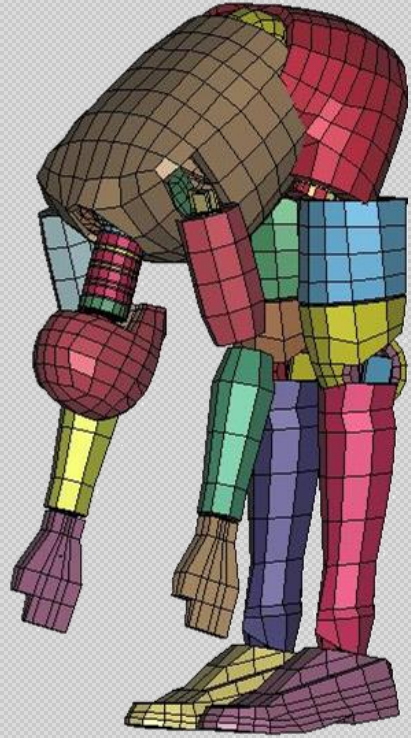
Kasus	Tebal Beam (mm)	Displacement (mm)	Reaction Force (MPa)
1	1.98	2.3	66.7
	1.98		66.7
2	1.98	9.7	22.9
	1.98		22.9
3	2.64	3.2	77.6
	1.32		47.5
4	2.64	13.8	26.6
	1.32		17.8
5	1.98	1.6	81.7
	1.98		81.7
6	1.98	6.6	27
	1.98		27
7	2.64	2.2	82.4
	1.32		60.5
8	2.64	9.2	28.7
	1.32		22.4

1. Arah serat berpengaruh terhadap sifat material komposit. Gaya yang dibutuhkan untuk merambatkan retak pada material komposit dengan arah serat 0° lebih besar **60%** dibandingkan arah serat 90° .
2. Pada penelitian ini, diketahui bahwa posisi dari *initial crack* memberikan pengaruh terhadap *reaction force* yang berkaitan dengan ketebalan *beam*. *Beam* yang memiliki tebal 2.64 mm rata-rata membutuhkan *reaction force* **30%** lebih besar dibandingkan dengan *beam* dengan ketebalan 1.32 mm.
3. Panjang *initial crack* memiliki andil yang cukup besar dalam proses delaminasi. *Initial crack* dengan panjang 45 mm membutuhkan *reaction force* **16.5%** lebih besar dibandingkan dengan *initial crack* dengan panjang 55 mm.



SARAN

Dilakukan penelitian eksperimental sebagai salah satu bentuk validasi dari hasil simulasi yang nantinya dapat dibandingkan dengan hasil penelitian lain.



Terima Kasih